



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

# **Tärpätin talteenoton toimivuus tuotannon vaihdellessa**

Joonas Heino

PROSESSITEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA

Kandidaatintyö

Elokuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Tärpätin talteenoton toimivuus tuotannon vaihdellessa

Joonas Heino

Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2020, 33 s. + 1 liite

Työn ohjaaja(t) yliopistolla: Aleksi Laukka

Työn tavoitteena oli selvittää Stora Enson Oulun sellutehtaan tärpättilinjan toimivuutta tuotannon vaihteluiden aikana ja tutkia riittääkö erityisesti tärpätin talteenottoon käytetyn dekanterin kapasiteetti uudistuvilla tuotantomenetelmillä. Työssä tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella nykyisen dekanterin tilavuus voisi olla riittävä tuotannon pysyessä tasaisena ja häiriöidenollessa minimissään. Uuden dekanterin hankkimisella voitaisiin saada tasaisempaa tuotantoa ja häiriötilanteissa se olisi nopeampi reagoimaan muutoksiin.

Työn soveltavassa osassa materiaalina käytettiin pääasiassa Stora Enson Oulun tehtaan automaatiojärjestelmään tallennettua mittausdataa, sekä tutkimustietoa kirjallisuudesta ja yrityksen sisäisistä raporteista liittyen tärpätin talteenottoon. Tärkeimpänä tuloksena havaittiin, että dekanterin nykyinen kapasiteetti voi olla riittävä. Uuden dekanterin hankkiminen olisi parempi vaihtoehto, mikäli viive muussa linjassa muuttuu. Tuotantonopeutta vaihdellessa dekanterit todennäköisesti kuormittuu, eikä pysty erottamaan vettä tärpätistä riittävän hyvin. Tulosten yleistäminen on haastavaa muihin tilanteisiin, koska linjoissa on paljon vaihtelua. Tämän tutkimuksen tuloksista on apua, jos jatketaan tärpättilinjan toiminnan tutkintaa tällaisenaan.

*Asiasanat: tärpätti, dekanterit, sellunkeitto*

# ALKUSANAT

Työn tarkoituksena oli määrittää Stora Enso Oulun tehtaan muuttuvissa tuotantomalleissa tärpätin talteenoton tehokkuus ja tutkia onko tarvetta hankkia uusia laitteita. Työ saatiin Stora Ensolta Ilkka Laaksolta, kehitysinsinööriltä, jolta saatiin valtavasti apua tutkimuksen suorittamiseen. Työ aloitettiin 2019 marraskuussa ja saatiin päätökseen elokuussa 2020.

Ilkka Laakson lisäksi haluaisin kiittää omaopettajaani Aleksi Laukkaa sekä toista työssä avustanutta entistä opettajaani Jani Kangasta. Kiitos myös koko Stora Ensolle tästä opettavaisesta kokemuksesta. Vielä viimeiseksi haluan kiittää perhettäni, erityisesti äitiäni ja tyttöystävääni, jotka tukivat ja potkivat eteenpäin urakan kanssa.

Oulu 18.8.2020

Joonas Heino

## SISÄLLYSLUETTELO

### TIIVISTELMÄ

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	4
2 SELLUNKEITTO .....	5
2.1 Sellunkeitossa käytettävät menetelmät .....	5
2.2 Puun esikäsittelyvaiheet .....	6
2.3 Sellunkeiton toteutus .....	7
3 TÄRPÄTIN TALTEENOTTO .....	9
3.1 Tärpätin ominaisuudet .....	10
3.2 Tärpätin talteenoton vaiheet .....	11
3.3 Tärpätin talteenottoon vaikuttavat tekijät .....	13
3.3.1 Tärpättilauhdutin .....	13
3.3.2 Dekantteri (Morgan 1988) .....	15
4 DEKANTOINTI JA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET .....	19
5 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN .....	23
5.1 Aineisto ja käytetyt menetelmät .....	23
5.2 Tulokset .....	26
5.3 Tulosten tarkastelu .....	29
6 YHTEENVETO .....	31
LÄHDELUETTELO .....	32
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Tärpätti on merkittävä maailmanlaajuisesti käytetty kemikaali, jota voidaan tuottaa luonnon materiaaleista kuten puusta. Tärpättiä käytetään ohenteena ja liuottimena maaleihin, sekä kotiloissa puhdistamaan vaikeita likatahroja. Yleensä puusta saatavaa tärpättiä syntyy sellunkeiton sivutuotteena. Tärpätti kannattaa ottaa puusta talteen, koska sille on useita käyttökohteita ja sille on olemassa hyvät markkinat. Puusta erotettua tärpättiä kutsutaan myös pineenitärpätiksi tai mäntyöljytärpätiksi, jotta se erottuisi maakaasusta erotettavasta mineraalitärpätistä. Tärpättiä talteen otettaessa säästetään myös luontoa, koska muuten se kulkeutuisi hajukaasujen mukana polttoon ja siitä saatava hyöty olisi vain sen poltosta saatava energiamäärä. Vaihtoehtona on myös, että tärpätti päätyy vedenpuhdistukseen, jossa sen käsittely taas kuluttaa vedenkäsittelykemikaaleja ja energiaa.

Työ on ajankohtainen, koska maailmalla paperinkulutus on laskenut rajusti ja kartongin kysyntä kasvanut, joka on johtanut siihen, että esimerkiksi Oulussa sijaitsevalla Stora Enso Oy:n tehtaalla lopetetaan paperin tuotanto ja siirrytään kartongin valmistukseen. (Valmet 2020a, Kaleva 2019). Kartonkia valmistaessa sellua ei tarvitse valkaista, joka mahdollistaa Oulussa hieman suuremman selluntuotannon. Kun sellua valmistetaan enemmän, puun tarve kasvaa, joka kasvattaa samalla tärpätin tuotantoa.

Puun kulutuksen tehtaassa arvioidaan kasvavan 0,5 miljoonaa kuutiometriä eli kokonaiskulutukseksi tulee 2,4 miljoonaa kuutiometriä puuta vuodessa. Puun Stora Enso Oy kertoo hankkivansa pääasiassa yksityisiltä metsänomistajilta Pohjois-Suomesta. Tehtaan muuttamisen päällystekartonkitehtaaksi on arvioitu olevan noin 350 miljoonan euron suuruinen hanke. (Kaleva 2019)

Työn tarkoituksena on tutkia Stora Enson Oulun tehtaan tärpätin talteenottoa ja siihen liittyen tärpättitaseita hyödyntäen Stora Ensolta saatavia materiaaleja prosessin toiminnasta ja vaiheista. Työ tarkastelee erityisesti niin sanotun tärpättidekantterin tuottavuuden vaihtelua ja sitä mistä tämä johtuu. Tarkoituksena on löytää parannusehdotuksia ja ongelmakohtia tärpätin talteenoton eri vaiheista.

## 2 SELLUNKEITTO

### 2.1 Sellunkeitossa käytettävät menetelmät

Sellunkeitto on tärkeä osa sellutehtaan kokonaisprosessia, joka on esitetty kuvassa 1. Sellunkeitto toteutetaan tyypillisesti sulfaatti- tai sulfiittikeitolla. Sulfaattikeitossa eli Kraft-menetelmässä puulastuja keitetään kemiallisesti. Tämä on monimutkainen prosessi, joka alkaa siitä, kun puu tuodaan tehtaalte. Kraft-menetelmä on hyvä, koska siitä on paljon käyttökokemusta ja tietoa. Toisaalta Kraft-menetelmä sopii kaikille puulajeille ja se on kokonaisuutena katsoen energiaa tuottava prosessi, koska se mahdollistaa lipeäkierrossa ligniinin polttamisen soodakattilassa, jonka höyryllä voidaan pyörittää edelleen turbiineja ja tuottaa sähköä. (Bohivers & Stuart 2013)

Toinen kemiallinen tapa tehdä sellua on sulfiittikeitto, jossa puuta keitetään happamissa oloissa, kun taas sulfaattikeitossa keitto tapahtuu emäksisissä olosuhteissa. Sulfiittisellun valmistus on monimutkaisempi ja kalliimpi prosessi, eikä läheskään yhtä paljon käytetty kuin sulfaattimenetelmä. Nimensä tämä menetelmä on saanut siinä käytettävästä keittokemikaalista, bisulfiittiliuoksesta. (Knowpulp 2020a)

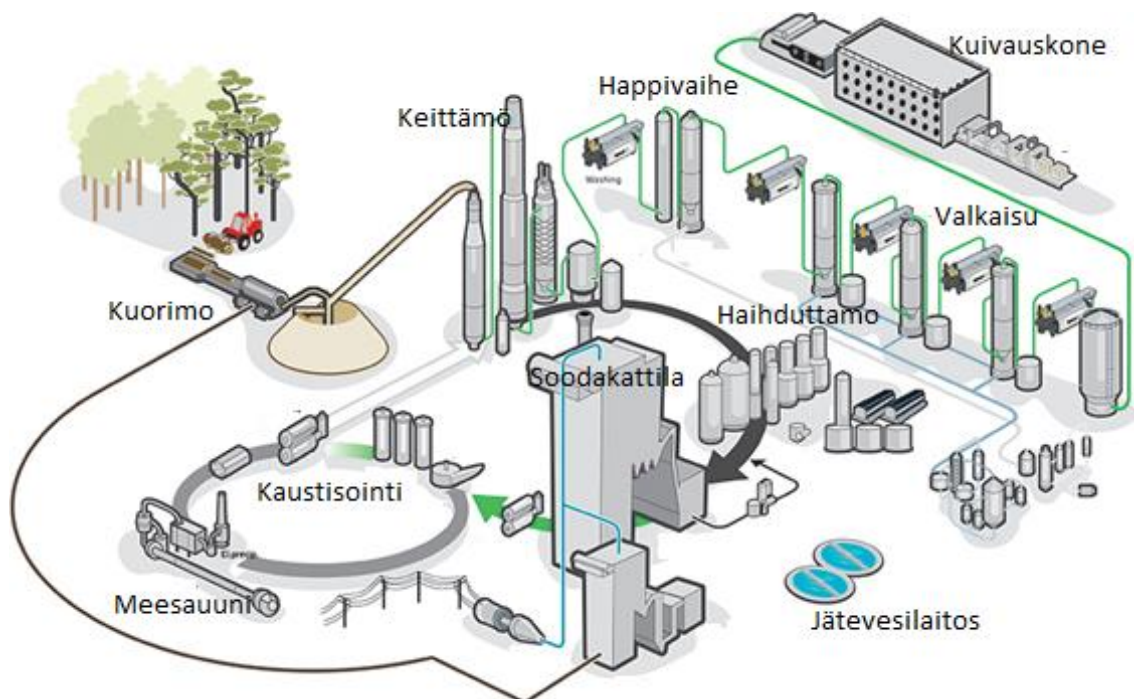
Keittokemikaalina sulfiittikeitossa on yleensä magnesiumsulfiitti tai rikkisulfiitti. Sulfiittikeitto ei sovellu kaikille puulajeille ja siksi raaka-aineena käytettävä puulaji asettaa rajoitteita. Sulfiittikeitossa on myös suurempi riski jäteveden saastumiselle, joka voi johtaa läheisten vesistöjen ongelmiin. Sulfiittimenetelmällä ei saada myöskään yhtä hyviä lujuusominaisuuksia sellulle ja siitä tehdylle paperille. Hyviä puolia kuitenkin ovat sen pienemmät investointikustannukset, sellun parempi valkeus ennen valkaisua, kuin Kraft-sellussa ja ”erikoistuotteiden”, kuten liukosellun valmistusmahdollisuus. Esimerkiksi Heinolan Stora Enson tehdas tekee kemi-mekaanisesta sulfiittisellusta fluting-kartonkia, koska sille saadaan tällä tavoin erittäin hyvät mekaaniset ominaisuudet esimerkiksi laivarahdissa pitkiä matkoja kulkeville banaanilaatikoille, jotka kestävät ja pitävät banaanit hyvässä kunnossa vielä rahdin jälkeenkin. (Storaenso 2020)

Kartonkisellua valmistaessa Oulun Stora Enso ei vaihda keittomenetelmää pois Kraft-menetelmästä. Kartonkisellun etuina on, että sitä ei tarvitse pestä tai keittää niin paljon kuin valkaistavaa sellua. Tämän takia siihen saa jäädä ligniiniä ja kuiturakenne voi jäädä

kovemmaksi. Kun ligniiniä jää selluun, puhutaan jäännösligniinistä, jonka määrälle on annettu raja-arvo ja tätä kutsutaan kappaluvuksi. Kartonkia valmistaessa sellussa on suurempi kappaluku kuin valkoiseen paperiin tarvittavassa sellussa.

## 2.2 Puun esikäsittelyvaiheet

Ensimmäinen vaihe sellutehtaan prosesseissa on puun vastaanotto tehtaalle (kuva 1), jossa puut pinotaan kasoihin niiden saavuttua tehtaalle. Tuotannon tarpeiden mukaan puita siirretään kuorimolle, jossa puu kuoritaan rumpusekoittimessa. Sekoittimessa puut hiertyvät toisiaan ja sekoittimen reunoja vasten, jonka seurauksena puun kuori irtaää. Sellunkeiton ja sellun ominaisuuksien kannalta haitallinen puun kuori saadaan erilleen ja sitä ei päädy varsinaiseen sellunkeittoon. Kun puu on kuorittu, se menee edelleen haketukseen. Haketuksessa puusta tehdään lastua, jotta se olisi helpompi keittää ja puun kuidut saataisiin keiton aikana helpommin erilleen toisistaan. Haketuksen jälkeen puulastut kasataan ruuvikuljettimen päälle, josta ruuvi vie koko ajan tietyn määrän haketta keittämölle kuljetinta pitkin keittoa varten.



Kuva 1. Prosessikuvaus sellutehtaasta, jossa on myös valkaisu. (Muokattu lähteestä Valmet 2020b)

## 2.3 Sellunkeiton toteutus

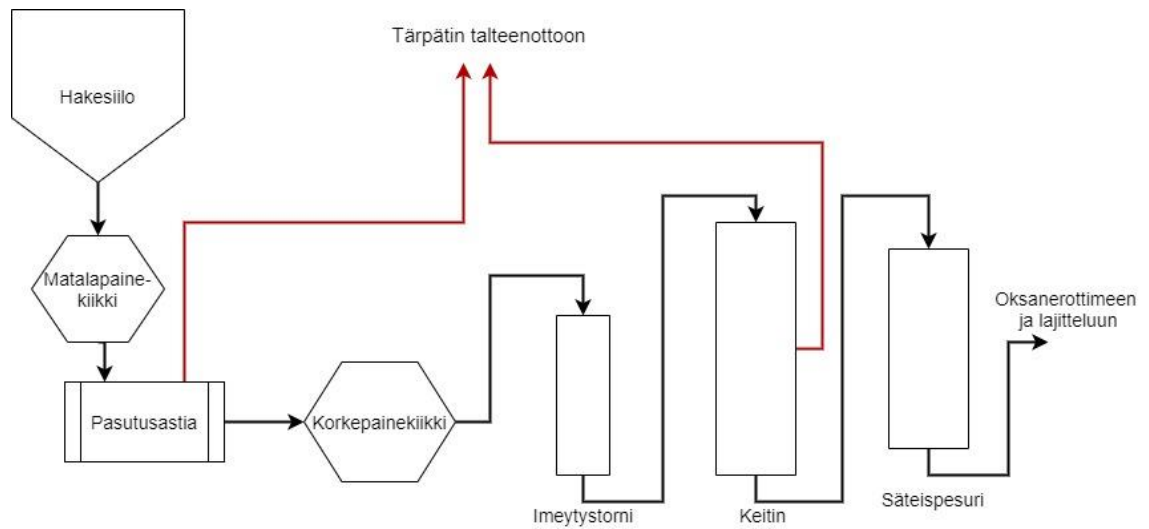
Sellunkeitto koostuu useista vaiheista kuvan 2 mukaisesti. Keittämölle tullut hake tippuu pienenä välivarastona toimivaan hakesiiloon, jossa hake lämmitetään 90-100 °C lämpötilaan. Siilosta tullut hake puretaan matalapaineikiikillä, eli lokerosyöttimellä pasutusastiaan, jossa haketta pasutetaan ja lämmitetään höngäksi kutsutulla mustalipeäkaasulla. Tällöin hakkeesta saadaan tiiviimpää ja kaikki sellun keiton kannalta ylimääräinen haihtuva aines, kuten terpeenit ja vesi, saadaan hakkeesta pois. Hakkeen viipymä pasutusastiassa on noin kaksi minuuttia. Pasutus on tärkeä vaihe hakkeen esikäsitelyssä, koska hakkeeseen jääneet kaasut aiheuttavat hakepartikkelien kellumaan jäämistä imeytystornissa. Pasutusastian jälkeen hake menee korkeapaineikiikille, jossa hakkeen sekaan lisätään keittimestä mustalipeää, se korotetaan keittimen paineeseen mustalipeän kanssa ja siirretään imeytykseen.

Imeytystornissa hakkeeseen imeytetään keittolipeää, joka alkaa reagoimaan hakkeen sisältämän ligniinin kanssa jo tässä vaiheessa (Ikäheimonen ym. 2000). Ligniinin kanssa reagoiminen on tärkeää, koska ligniini tekee sellusta kovaa, vaikeuttaa sen käsittelyä, sekä estää valkaisua. Huolellisella kemikaalikäsittelyllä eli keitolla ja pesulla ligniini saadaan pois kuitujen välistä vähentäen valkaisukemikaalien tarvetta jopa 15 %. Keittolipeä on valkolipeän ja aiemmasta prosessivaiheesta tulleen mustalipeän sekoitusta. Keitossa käytettävä valkolipeä on vahvasti emäksistä (pH~14). (Suopajarvi 2015) Ligniini on puun sidosaine, joka halutaan erottaa sellusta. Kun imeytystornissa keittolipeä on imeytynyt puuhun ja sen osiin, joissa oli ennen ilmaa, tulee puusta helpompaa keittää.

Keittimeen haketta syötetään yläkautta ja sitä painetaan kohti keittimen pohjaa pesulipeällä ja uudella hakkeella. Keittimessä haketta keitetään korkeassa paineessa ja korkeassa lämpötilassa. Lämpötila on noin 150 °C – 170 °C keiton aikana, jotta kuidut ja ligniini saataisiin erottumaan. Paine keittimessä on noin 5-7 bar, jonka vuoksi lipeä ei ala kiehumään. Noin puoleessa välissä keitintä haketta vastaan aletaan painamaan pesulipeää, jotta hakkeesta saataisiin suurempi osuus ligniiniä pestyä pois. Keittimen pohjassa on purkusyöttö, jossa lipeä kiertää pohjalla ja puskee valmista haketta pois keittimestä, jotta se ei tukkiutu ja paine keittimen sisällä pysyisi kohtuullisena. Purun toiminnan estyessä on riskinä ylipaineistuminen ja edelleen räjähtäminen. Kun hake poistuu keittimestä



takaisin normaaliin ilmanpaineeseen, hake hajoaa räjähdysen omaisesti ja tässä vaiheesta eteenpäin käsitellystä puu määritellään selluksi.



Kuva 2. Yksinkertaistettu kuvaus sellunkeiton prosessivaiheista ja tärpätin talteenottovirrat. Tärpätin suurimmat talteenotot tapahtuvat pasutusastiasta ja keittimestä.

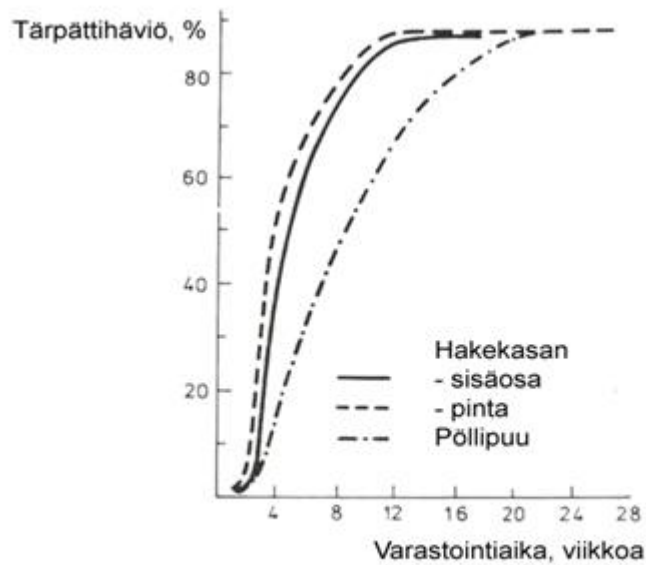
### 3 TÄRPÄTIN TALTEENOTTO

Raakatärpätti, ja edelleen tärpätti, voidaan ottaa talteen sellunkeiton pasutuksesta syntyvästä höyrystä. Tämä höyry, joka koostuu pääasiassa terpeeneistä ja vedestä, siirretään prosessivaiheeseen, jossa terpeenit otetaan talteen raakatärpättinä. Sellutehtaat myyvät yleensä raakatärpätin edelleen. Raakatärpätti kuljetetaan erillisiin tislaamoihin säiliöautoilla tai saman tehdasalueen toiselle toimijalle, kuten tehdään esimerkiksi Stora Enson Oulun tehtaan tapauksessa. Raakatärpätti voidaan esimerkiksi edelleen tislata eri käyttötarkoituksiin sopiviin jakeisiin. Näille jakeille on kehitetty omia jatkokäsittelyjä kuten polymerointeja, hydraatiota ja hapetusta eri tuotteiksi. Tärpättiä käytetään muun muassa vernissojen ja öljypohjaisten maalien liuottimena tai ohenteena, sekä lääketieteellisyydessä. (Britannica 1998)

Sellunkeiton pasutuksesta syntyvä höyry eli tärpättikaasu lauhdutetaan kuvan 12 mukaisesti ensimmäiseksi lauhduttimissa nesteeksi, josta seuraavissa vaiheissa aletaan erottamaan tärpätin sisältämiä epäpuhtauksia. Hajukaasut ovat tärkeitä erottaa, koska ne ovat helposti räjähtäviä, sekä huonontavat tärpätin laatua. Myös vesi halutaan erottaa, koska tarkoituksena on saada mahdollisimman puhdasta tärpättiä. Hajukaasujen erotus tapahtuu lauhduttimissa ja veden erotus tapahtuu lauhduttimien jälkeen tapahtuvassa dekantoinnissa erillisessä dekantterissa. Dekantterin toiminta perustuu siihen, että vesi on raskaampaa kuin tärpätti ja jää dekantterin pohjalle, kun taas tärpätti kevyempänä nousee pintaan. Pinnalla oleva tärpätti saadaan talteen dekantterin kaatoreunalta ylikaatona ja pohjalla oleva vesi poistetaan pohjaputkella. Dekantterin jälkeen tärpättisäiliössä on mahdollista erottaa vielä vettä, mikäli sitä on päässyt dekantterista tärpätin mukana säiliöön. Jos tärpättiä ei eroteta keittimestä, se päättyy hajukaasujen keräilyyn lauhdesäiliöön ja voi lauhtua sinne. Mikäli hajukaasujen määrää halutaan rajoittaa ilman tärpättihäviöitä, voidaan keittimelle laittaa oma stripperi, joka erottaa hajukaasut tärpätistä. Tärpätti erottuu stripperissä helposti ja poistuu kaasunpoistosta. Tärpättiä voidaan estää kertymästä säiliöihin muutamalla tavalla. Yksi menetelmä on siirtää dekantterin pohjavirta suoraan stripperin syöttöpumpun imuun. Toinen mahdollinen tapa on saada tärpätti kuohumaan, jolloin se nousee aina säiliön pinnalle ja se voidaan kaapia pinnalta talteen. (Häkkinen 2018)

### 3.1 Tärpätin ominaisuudet

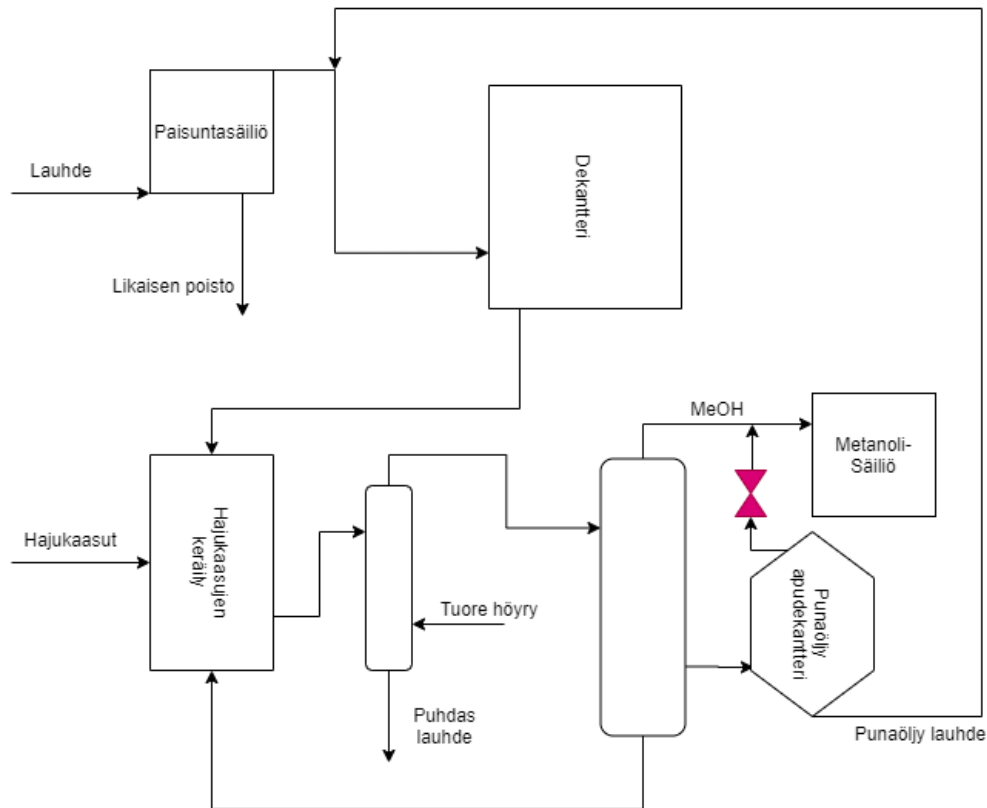
Tärpätti on väritön tai kellertävä tulenarka neste. Tärpätti valmistetaan tislauksprosessilla raakatärpätistä. Raakatärpätti koostuu suurimmaksi osin alfa-pineenistä ja delta-3-kareenista. Raakatärpättiä saadaan selluprosessin sivutuotteena, kun haketta paisutetaan pasutusastiassa likaishöyryllä, sekä keittovaiheesta. Likaishöyryllä tarkoitetaan keittimestä otettua mustalipeää, jota paisutetaan paisuntakolonissa niin, että siitä tulee höyryä. Koska mustalipeässä on puusta irronneita orgaanisia yhdisteitä, ja koska se on ”likaista”, sanotaan sitä likaishöyryksi (Knowpulp 2020b). Tärpättisaantoon vaikuttavat useat tekijät. Erään tutkimuksen mukaan havupuun tärpättisaanto pienenee nopeasti sen jälkeen, kun puuta on varastoitu enemmän kuin neljä viikkoa, kuten kuvasta 3 voidaan nähdä (Knowpulp 2020b). Tämä on yksi syy, minkä takia tärpätin saanto vaihtelee paljon. Korkean tärpättisaannon kannalta puu tulisi hakettaa ja syöttää keittoon ennen kuin se on seisonut puukentällä enemmän kuin neljä viikkoa. Yksi näkökulma on pitää liian pitkään puukentällä varastoidut puut hätävarana puupulan sattuessa, niin sellua voitaisi silti tehdä, vaikka tärpättisaanto olisikin minimissä. Mäntysulfaattikeitosta voidaan saada 2-15 kg tärpättiä sellutonnilta. Kuusen tärpättisaanto on olennaisesti pienempi eli 2-3 kg sellutonnilta. Määrä riippuu puun kasvuoloista, puun varastointitavasta ja -ajasta, sekä höyrytyksen kestosta ja lämpötilasta. Tärpättisaanto on sitä suurempi, mitä pohjoisempana puu on kasvanut. (Knowpulp 2020b, Thornburg 1963)



Kuva 3. Hakevarastoinnin vaikutus tärpättihäviöön. Muokattu alkuperäisestä lähteestä Knowpulp (2020b).

### 3.2 Tärpätin talteenoton vaiheet

Pasutuksesta hake siirretään lohkosyöttimellä (kuva 2) noin 1,2 bar:in paineeseen, jossa likaishöyry haihduttaa terpeenit hakkeen sisältä. Terpeenikaasu ja muut kaasut poistuvat ja näistä terpeeni voidaan erottaa lauhduttamalla se tärpätiksi tärpättilauhduttimessa. Tärpätin talteenoton tärkeimmät vaiheet Stora Enson Oulun tehtaalla on esitetty kuvassa 12.



Kuva 4. Yksinkertaistettu metanolin virtauskaavio.

Keittoprosessista saatu tärpätti on huomattavasti epäpuhtaampaa, koska siinä on pelkistyneitä orgaanisia rikkiyhdisteitä, metanolia ja muita epäpuhtauksia. Rikkiyhdisteet kutsutaan tässä yhteydessä myös hajukaasuiksi ja niistä saatavan tärpätin määrä on hyvin vähäistä. Hajukaasut menevät poltettavaksi hajukaasukattilaan sekä soodakattilaan, ja erottunut mustalipeä menee paisuntaan, josta syntyy mustalipeähöyryä eli hönkää. Osittain tämä näkyy kuvassa 4.

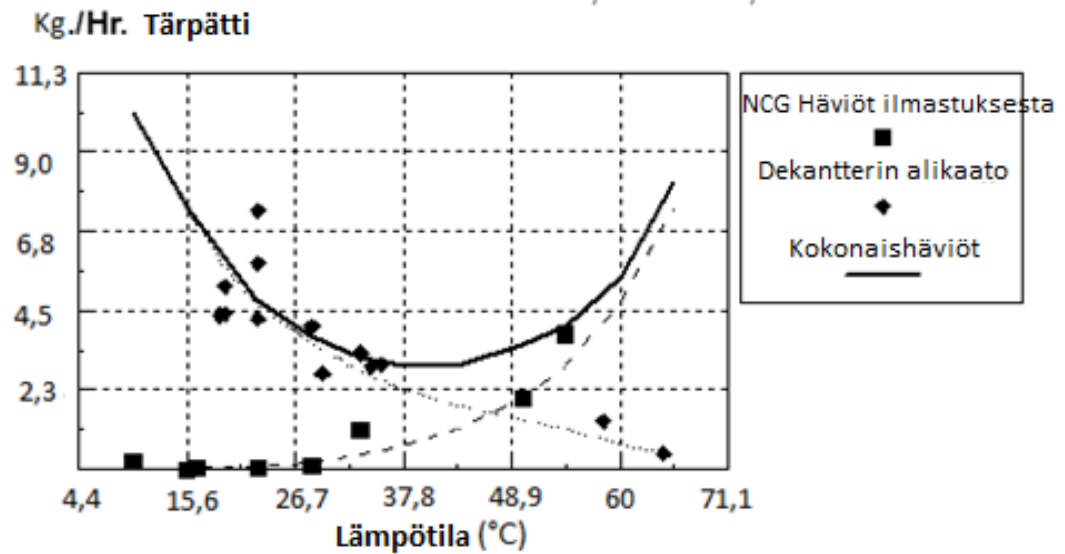
Nykyisten haihduttamoprosessien tehokkuus on erittäin hyvä, sen avulla saadaan noin 70-80% metanolista höyrystettyä ja siirrettyä hajukaasujen polttoon tarkoitettuun kattilaan tai soodakattilaan. Metanoli on peräisin puusta ja päätyy lipeään sitä keitetessä ja pestessä ja lopulta haihduttamolle, jossa lipeän kiintoainepitoisuutta kasvatetaan sen polttamisen mahdollistamiseksi soodakattilassa.

### 3.3 Tärpätin talteenottoon vaikuttavat tekijät

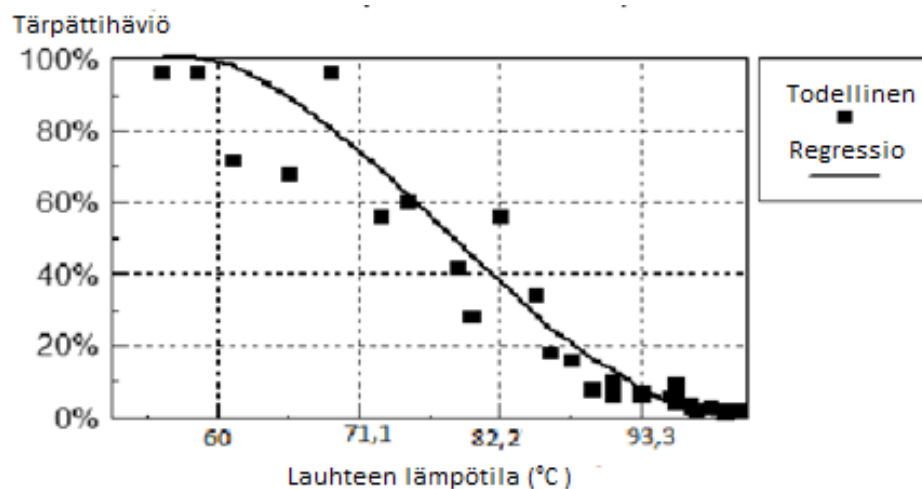
Tärpätin talteenoton toiminta on riippuvainen useista tekijöistä. Luonnollisesti tärpätin ominaisuuksiin ja talteen otettavaan määrään vaikuttavat sellunkeittoon käytettävän puun ominaisuudet, sekä käytettävän sellunkeittoprosessin vaiheet ja olosuhteet. Esimerkiksi tärpätin talteenottoon käytettävien tärpättilauhduttimien määrä ja olosuhteet vaikuttavat tärpätin talteenoton toimintaan.

#### 3.3.1 Tärpättilauhdutin

Yhtä tärpättilauhdutinta käytettäessä lämpötilan tulisi pitää 38 °C - 54 °C asteisena (100 F – 130 F). Jos lämpötila nousee yli 60 °C:een, räjähdysriskin kasvaa huomattavasti. Esimerkiksi Stora Enson Oulun tehtaalla käytetään kuitenkin kaksivaiheista lauhdutusta, jossa osa tärpätistä tulee pasutusastiasta ja osa paisuntalipeästä eli keittimestä. Ensimmäisessä vaiheessa pelkästään vesi lauhdutetaan ja toisessa vaiheessa jäljellä oleva vesihöyry ja tärpätti lauhdutetaan. Tämä perustuu siihen, että lähtökohtaisesti vesi ja tärpätti ovat sekoittumattomia keskenään. Tärpätti alkaa lauhtua/tiivistyä nesteeksi noin 96-97 °C lämpötilassa. Tämän takia lämpötila tulisi pitää yli 96 °C asteisena ja monet tehtaot pitävät lämpötilan 99 °C lämpötilassa. Kaksivaiheisessa lauhdutuksessa ensimmäinen lauhde sisältää yleensä vähemmän hajukaasuja. Tämän takia sen käyttö on hyvin vaikeaa ilman lauhteen strippausta. Kuten kuvasta 5 ja 6 huomataan, häviöt laskevat, kun lämpötila kasvaa. (Morgan 1988)



Kuva 5. Tärpätin häviö suhteessa lämpötilaan yksivaiheisessa lauhdutuksessa. Muokattu alkuperäisestä lähteestä Morgan (1988).



Kuva 6. Tärpättilauhduttimen vaikutus. Kuva muokattu alkuperäisestä lähteestä Morgan (1988).

Toisessa lauhdutusvaiheessa on todella tärkeä saada kaikki jäljellä oleva tärpätti lauhdutetuksi. Tämän takaamiseksi jälkimmäisen lauhduttimen tulisi pystyä toimimaan 46 °C lämpötilassa. Tämä lauhde sisältää paljon edellä mainittuja hajukaasuja. Tämä

lauhde johdetaan siten stripperille, jossa tarkoituksena on erottaa hajukaasut lauhteen joukosta. Kaksiosainen tärpätin lauhdutus on suurimmaksi osin hyvin vaikea hallita prosessina. Lämpötilan säätö hieman yli 96 °C asteiseksi luo omat haasteensa, koska sisään tulevan nesteen määrä voi vaihdella rajusti riippuen puun terpeen- ja pihkapitoisuudesta. Tämä johtuu myös jatkuvan keiton eli vuokeiton ominaispiirteistä, kuten siitä, että venttiili, joka päästää pasutuksesta höyryjä tärpättilauhdukselle, on koko ajan auki ja lauhdukselle pusketaan jatkuvatoimisesti kaasuja. Eli, jos keiton vauhti tippuu, niin myös kaasujen määrä tippuu, mikä vaikuttaa siihen, että lauhduksen lämpötila on hetkellisesti liian suuri pienemmälle määrälle. (Morgan 1988)

Toisaalta, vaikka mustalipeän ja keitosta tulleen kuidun ei pitäisi päästä lauhdukselle, kuitua jää aina hieman prosessista ja tämän takia lauhduksimet tulisi sijoittaa sellaiseen paikkaan, että ne ovat helppo puhdistaa. Epäpuhtaudet lauhduksimissa huonontavat niiden toimintaa ja näkyy saavutetuissa tärpättisaannoissa pidemmän ajan kuluessa. (Morgan 1988)

### **3.3.2 Dekanteri (Morgan 1988)**

Lauhduksimilta saatavat nestevirrat eli lauhteet siirretään seuraavaksi tärpättidekanterille. On erittäin suositeltavaa, että siirtoon käytettäisiin pelkästään painovoimaa. Tärpättipitoista lauhdetta ei saisi ikinä pumpata dekanteriin, koska pumpun käytön seurauksena fluidi muodostaa emulsion, eli tärpättifaasi ja vesi sekoittuvat toisiinsa ja se vaikeuttaa niiden erottamista dekanterilla. Tämän lisäksi putken suorat pudotukset ja terävät kulmat putkistossa tulisi minimoida.

Putkilinjat lauhduksimelta dekanterille ja dekanterilta varastosäiliöön tulisi eristää, jotta lämpö ei karkaisi ja lauhtumista ei tapahtuisi enää putkistossa ja estettäisiin liiallinen jäähtyminen ennen dekantointia. Dekanterille johdettava lauhteen lämpötila tulisi olla 40-50 °C, jos dekanterin ilmastusaukossa ei ole käytössä kaasupesuri. Jos kaasupesuri on käytössä, niin lauhdetta voidaan ajaa enintään 71 °C lämpötilassa. Dekanterin ilmastusaukon viilennyskaasun pohjavirtaus tulee palauttaa dekanterin syöttölinjaan. Tämä taas kasvattaa dekanterilta vaadittua kokoa.

Dekanterin tarkoituksena on painovoiman avulla erottaa tärpätti vedestä. Tämä on helppo suorittaa käyttämällä säiliötä, jossa tärpätti menee ylivirtauksella ja vesi



alivirtauksella, niin että faasit muodostavat selkeät erilliset kerrokset dekantterissa. Dekantteria suunniteltaessa vaakatasossa oleva dekantteri on suositumpi kuin pystysuora. Vaakatasossa olevan dekantterin käyttö vähentää tärpätin ja veden erotettavaa matkaa toistensa läpi. Lauhteen pinnan nopeus on määritelty virtausmääränä kohti dekantterin pinta-ala -yksikköä. Lauhteen pintanopeus tulisi pitää alle 3 metrinä tunnissa ja suositeltu nopeus on alle 1,5 metriä tunnissa. Tilarajoitukset sanelevat normaalisti pituuden ja halkaisijan suhteen. Vaikka vaakatasossa olevat dekantterit ovat suositumpia, monet tehtaat käyttävät silti pystysuoria säiliöitä. On myös tehtaita, jotka eivät käytä dekantteria, vaan tekevät erotuksen suoraan säiliössä.

Suuntaa antava arvio Morganin (1988) mukaan vaaditulle dekantterin tilavuudelle on se, että sen tulisi olla: ”seitsenkertainen gallonissa per päivän sellutuotanto”. Eli esimerkiksi, jos tuotanto on 1000 tonnia päivässä, dekantterin tulisi olla 26 500 litraa (alkuperäisessä lähteessä annettu yksiköissä 7·1000 gallonaa). Riittävä tärpätin erotus vedestä saavutetaan nimellisellä 2-3 tunnin viiveajalla.

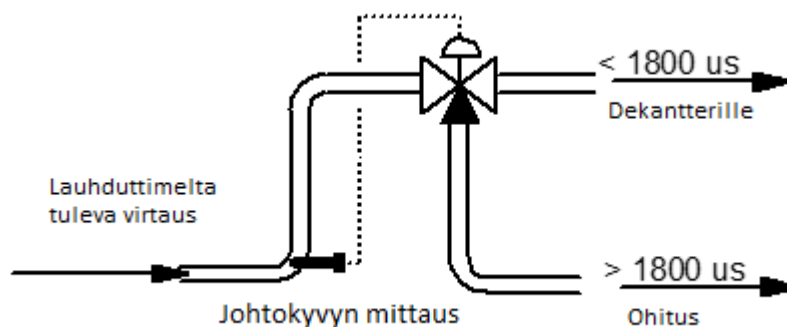
Lähtökohdaksi tulisi ottaa turbulenssin vähentäminen dekantterissa. Tasainen ja laminaarinen virtaus olisi ideaalista. Tämän saavuttamiseksi lauhde tulisi tuoda sisään dekantterissa olevan liuostilavuuden yläpinnan alapuolelta suurin piirtein tärpätin ja veden välisen rajapinnan kohdalla. Olisi hyvä käyttää jonkinlaista läppää, jolla voitaisiin hidastaa virtausnopeutta ja rajoittaa turbulenssia. Yleensä lauhdutin on sijoitettu noin 6-12 m korkeammalle kuin dekantteri, jolloin lauhdeella on suuri nopeus tullessaan dekantteriin. Tippuminen tyhjää putkea pitkin kasvattaa turbulenssia ja täten hankaloittaa erotusta. Joissain tehtaissa on oma pieni välisäiliö juuri ennen dekantteria, joka on ilmastoitu lauhduttimeen. Tämä järjestely vähentää lauhteen sisäänmenonopeutta ja näin myös turbulenssia dekantterissa. Yhtäläisesti tehokas ratkaisu on kuristuslaippa 5-7 m ennen dekantteria. Tässä lisäetuna on se, että dekantterin virta pystytään mittaamaan. Tämä on yleensä hyödyksi ainetaseita arvioitaessa ja vianmäärityksessä.

Suurin osa dekanttereista on alle 3 metriä korkeita Normaali syvyys tärpättikerrokselle on noin 25 % dekantterin syvyydestä. Jos dekantteriin tulee pienikin ylipaine, voi tärpättiä joutua pohjavirtaukseen. Samalla tavalla, jos dekantterissa on alipainetta ja se vaikuttaa paineputkeen, tärpättikerroksen pinta laskee. Tämä voi vaikuttaa merkittävästi siihen, että tärpätin mukana tulee vettä tärpättisäiliöön. Tätä on huomattu sattuvan tilanteissa, joissa

tärpättilinja on jälkiasennettu hajukaasujen keräilyn yhteyteen. Pienikin paine dekanterissa nostaa veden pintaa dekanterissa. Tämä on odotettavissa, jos lauhdevirta kasvaisi yllättäen, kun muuta tehdasta modernisoidaan.

On suositeltavaa, että tärpättikerros olisi noin 25 % koko dekanterin nesteosuudesta. Tämän seurantaan varten voidaan dekanteriin asentaa näkölaseja. Kaikkien dekanterin putkien tulisi olla ulkoisia, jotta korroosion aiheuttamat vuodot huomattaisiin heti. Dekanterin aukoissa tulisi olla liekinpidättimet, koska raakatärpätti on helposti syttyvä neste, koska sen syttymispiste on 34 °C.

Talteen otetun tärpätin emulgoitumisen välttämiseksi dekanterissa ja säiliössä liiallisen mustalipeän siirtymisen takia tulisi tärpätin johtokykyä tarkkailla jatkuvasti. Mustalipeä lisää lauhteen johtokykyä, jonka avulla voidaan tarkkailla lauhteen lipeän pitoisuutta. Tärpättipitoinen lauhde tulisi ohjata suoraan säiliöön ilman dekanterissa käyntiä. Johtokyvyn mittauslaite tulisi sijoittaa linjan alimpaan kohtaan. Se tulisi säätää niin, että lauhde ohjattaisiin pois, jos johtokyky ylittää arvon 1800  $\mu$ s, kuten on havainnollistettu kuvassa 7. Jos lauhteen johtokyky on suuri, se tarkoittaa sitä, että lauhteessa on paljon mustalipeää ja sitä ei voida hyödyntää tärpätin tuotannossa.



Kuva 7. Lipeäpitoisuuden mukaan erottaminen linjassa. Kuva muokattu alkuperäisestä lähteestä Morgan (1988).

Lauhteen ominaisuuksien muuttuessa on selvää, että tärpätti ja vesi muodostavat emulsion olosuhteiden vaihdella ja tästä syystä dekantointi ei toimi halutusti ja sen seurauksena emulsio virtaa tärpättisäiliöön. Jos näin käy, emulsio voidaan purkaa

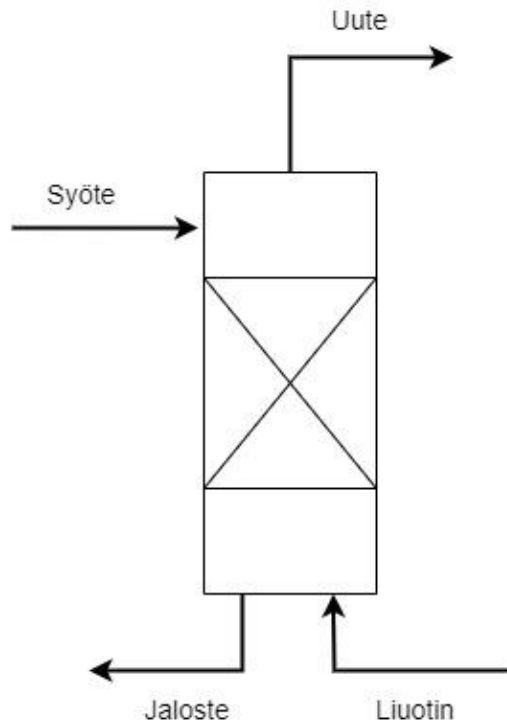
lisäämällä emulsion joukkoon kaustisointisoodaa tai valkolipeää. Yleensä tähän riittää 10-20 litran (kaustisointisoodan pitoisuus 50 %) lisääminen 1000 litraa emulsiota kohden, jotta emulsio purkautuu kahden tunnin kuluessa lisäämisestä. Jos emulsio havaitaan esimerkiksi kuljetuksen aikana, se pitää saada lopetettua.

## 4 DEKANTOINTI JA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET

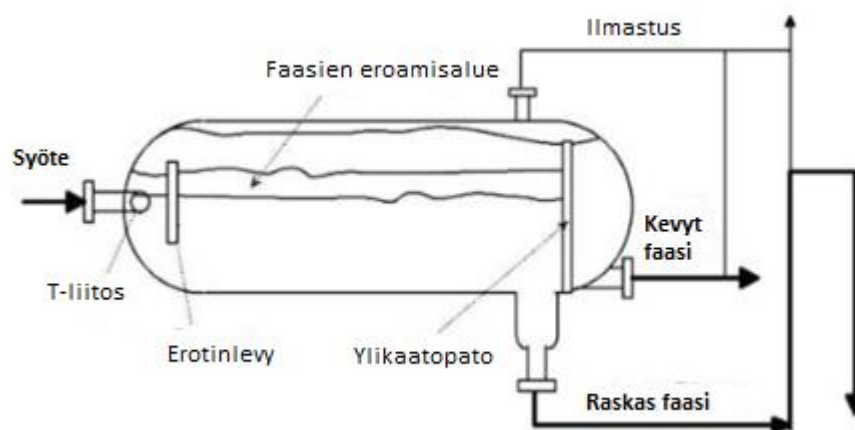
Dekantoinnilla tarkoitetaan kahden nestefaasin erotusta toisistaan, tai että nestefaasi erotetaan sen ja kiinteän aineen muodostamasta suspensiosta. Jälkimmäisessä tapauksessa kiinteä aine jää dekantointiin käytettävän laitteen eli dekantterin pohjalle. Tämä menetelmä on nopea ja soveltuu esimerkiksi silloin, kun seoksessa on kiinteitä komponentteja, jotka ovat tarpeeksi karkeajakoisia. Tämä estää komponenttien liukenemisen liuottimeen ja johtuen niiden liuotinta suuremmasta tiheydestä, poistuu erillisen suodatusvaiheen tarve.

Tarkasteltaessa dekantointia tilanteessa, jolloin seoksessa on kaksi nestefaasia, toimintaperiaate dekantoinnissa on saman tyyppinen kuin neste-nesteuutossa. Erona on se, että neste-nesteuutossa seokseen lisätään ylimääräinen aine, joka aiheuttaa kahden nestefaasin muodostumisen, kun taas dekantoinnissa seos on itsessään sellainen, että seos muodostaa kaksi nestefaasia. Sekä neste-nesteuutossa että dekantoinnissa nestefaasien erotus perustuu niiden erilaisiin tiheyksiin/ominaispainoon. Tässä työssä tarkasteltavassa tärpättidekantterissa vesi jää raskaampana pohjalle ja tärpättikerros on veden päällä. Dekantteri on loivasti kallellaan, jolloin kaatoreunalta tulee pinnalla olevaa tärpättiä ja alikaatona dekantterin pohjalta pitäisi poistua pelkkää vettä.

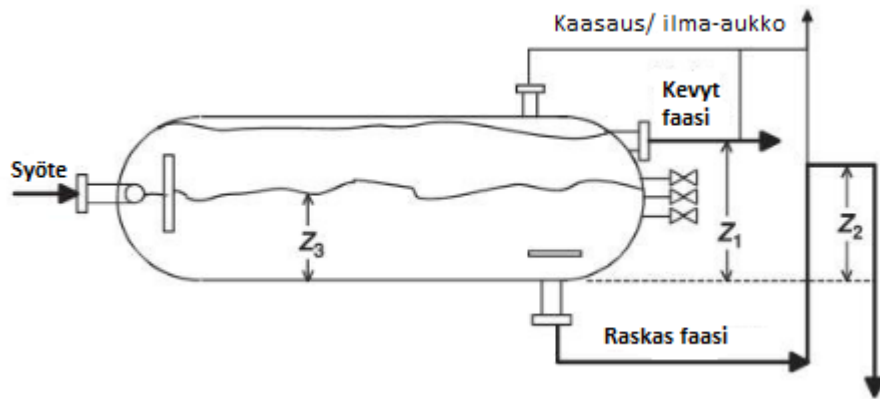
Neste-nesteuutto on siis paljon dekantointia vastaava erotusmenetelmä, jossa käytetään samankaltaisia laitteita. Molemmat perustuvat nesteiden ominaispainon eroihin. Neste-nesteuuttoa käytetään, kun tislaminen ei ole mahdollista, esimerkiksi komponenttien lämpöherkkyyden vuoksi. Tätä käytettäessä joudutaan lisäämään vielä yksi erotusoperaatio, jotta liuotin saadaan erotettua halutusta aineesta. Havainnollistava kaavio neste-nesteuuton toimintaperiaatteesta on esitetty kuvassa 8. Mahdollisia neste-nesteuuttolaitteita ja niiden toimintavariaatioita on esitetty kuvissa 9, 10 ja 11.



Kuva 8. Yksinkertaistettu kuva neste-nesteuutosta.

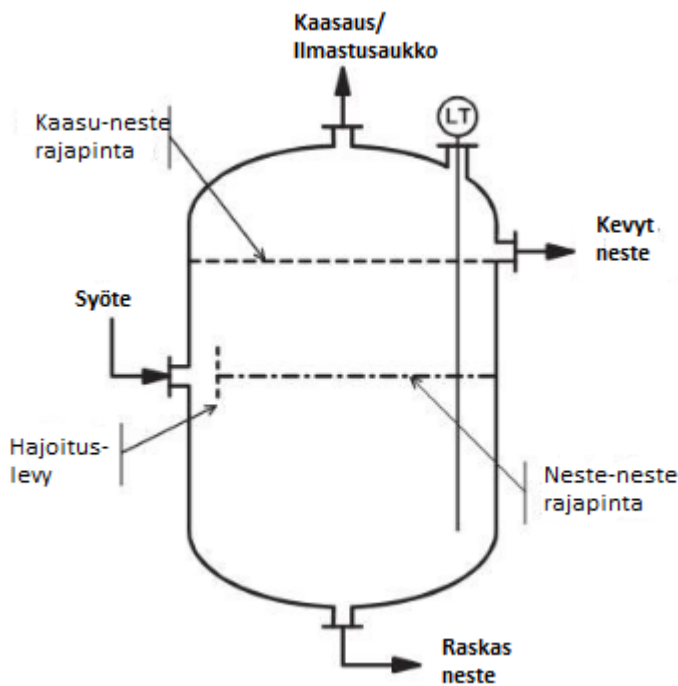


Kuva 9. Neste-nesteuuttokolonni, jossa takaosan este päästää vain ylhäältä kevyempää nestettä. Alakautta lasketaan raskaampaa nestettä. Muokattu alkuperäisestä lähteestä Perry ym, (2008).



Kuva 10. Neste-nesteuuttokolonni, jossa kevyempi nestefaasi kulkee päädyn aukosta sitä mukaan, kun uutta nesteseosta syötetään erotettavaksi. Muokattu alkuperäisestä lähteestä Perry ym, (2008).

Kuvan 9 mukaista ylikaatopatoa käyttävää erotinta on hyvä käyttää silloin kun erotettavat nesteet eivät eroa suoraan vaan välille jää pieni eroamisalue, jossa on näiden sekoitusta. Kuvan 10 tilanteessa, jossa eroaminen on nopeaa ja selvää, ei tarvita ylikaatopatoa.



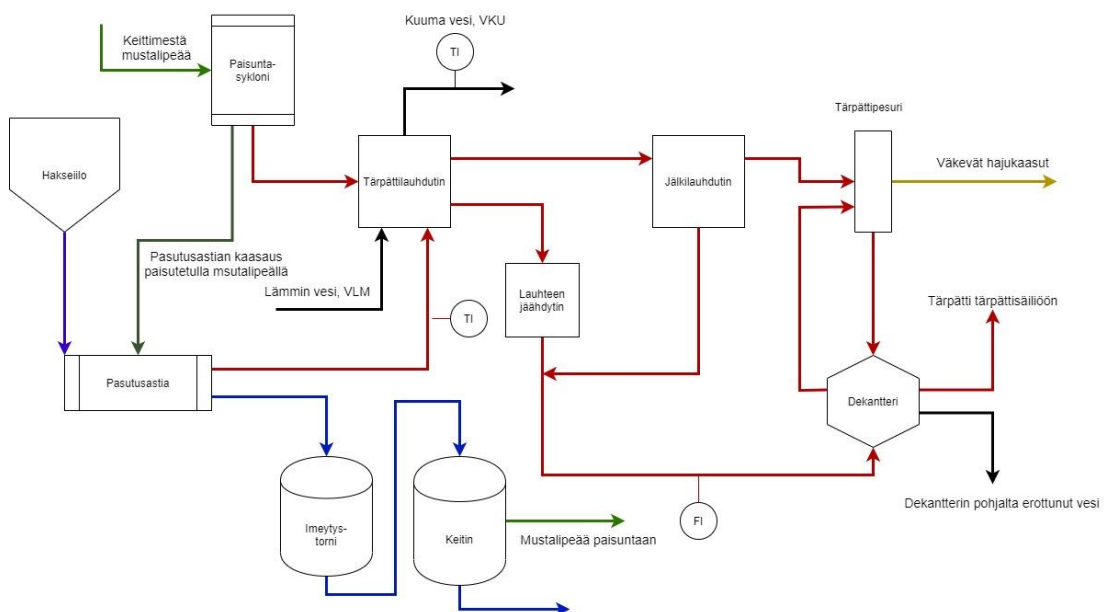
Kuva 11. Pystykolonni, jossa tapahtuu erotus, sekä kaasun poisto. (Perry ym, 2008)

Lauhde, joka koostuu tärpätistä ja vedestä, kerätään dekantteriin. Siellä tärpätti vettä kevyempänä ja huonosti liukenevana eroaa veden pinnalle. Tämä raakatärpätti poistetaan dekantterista ylikaadolla. Vesi siirretään tehtaan lauhteen strippausjärjestelmään. Stora Enson käytössä oleva dekantteri muistuttaa kuvan 11 mukaista dekantteria. Kuvan 11 kolonnia voidaan käyttää kuten muitakin. Mikäli tila on rajoittava tekijä, voi kuvan 11 kolonni olla parempi vaihtoehto kuin pitkittäiset dekantterit.

## 5 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

### 5.1 Aineisto ja käytetyt menetelmät

Työn kohteena oli Stora Enson Oulun tehtaan tärpätin talteenottoprosessi, jonka prosessikaavio on karkeasti esitetty kuvassa 12. Työn materiaalina oli käytössä Stora Enson tärpätin talteenoton prosessialueen automaatiojärjestelmän mittaukset, sekä erinäisiä kuvia laitteista ja yrityksessä aiemmin muodostettua taselaskentakaaviota. Automaatiojärjestelmästä saatu data kerättiin vuoden 2019 lopun ja vuoden 2020 alun väliltä. Valittu aikaväli valittiin siten, että löytyisi monia toisistaan poikkeavia toimintaa kuvaavia tilanteita ja vertailtavaa dataa olisi riittävästi. Dataa olisi voinut kerätä pidemmältäkin aikajaksolta, jolloin tuloksista olisi tullut luotettavampia, mutta tavoitteen ollessa saada suuntaa antavaa kuvaa tärpätin talteenoton toiminnasta ja siihen vaikuttavista tekijöistä tämä datamäärä nähtiin riittävänä. Data on jatkuvasti päivittyvää, eli mittauksissa on pientä mittauskohinaa, mutta sitä voidaan pitää riittävän tarkkana.

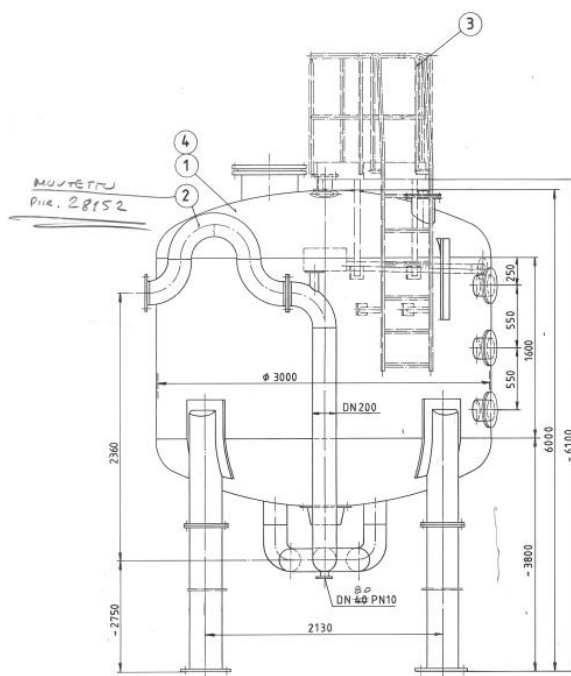


Kuva 12. Yksinkertaistettu virtauskaavio tärpätin talteenotosta.

Kuten kuvasta 12 nähdään, tärpättidekantertiin tulee kaksi virtausta joista toinen on kierrätys pesurilta, jotta tuote olisi puhdasta ja kaikki tärpätti saataisiin talteen. Siniset



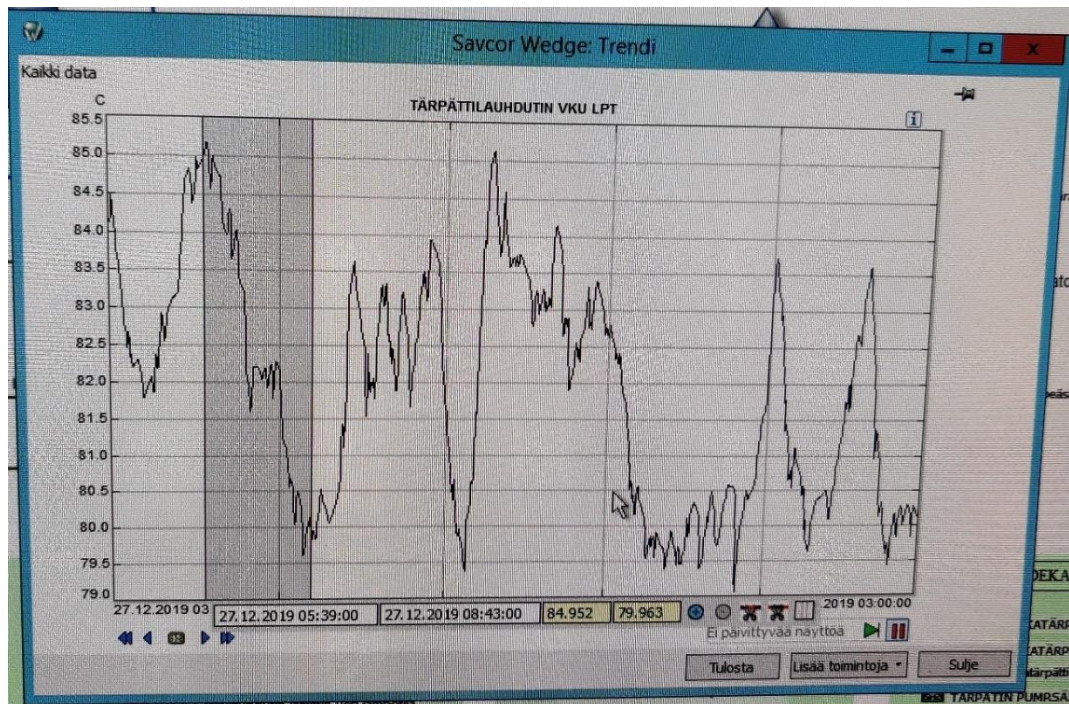
linjat kuvaavat haketta ja sellua. Vihreä kuvaa lipeää, punainen kuvaa tärpättipitoista kaasua sekä nestettä, ja musta kuvaa vettä. Keltainen linja on väkeviä hajukaasuja. Dekantterin rakenne on esitetty kuvassa 13.



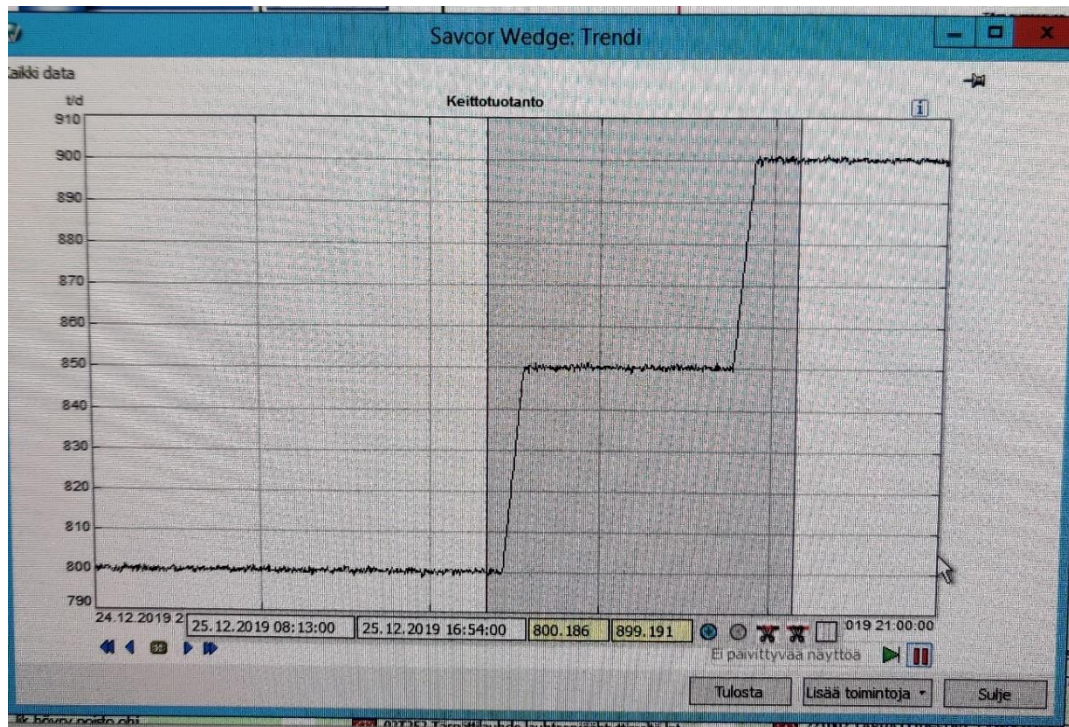
Kuva 13. Stora Enson käytössä oleva tärpättidekanterti. (Ahlström Oy, tekninen piirustus, 1987)

Dataa tärpätin talteenoton käyttäytymisestä kerättiin aluksi sellaisista tilanteista, joissa dekanterin syötön virtausmäärä muuttui. Esimerkkejä eri prosessimuuttujien vaihtelusta on esitetty kuvissa 14 – 16 ja taulukoissa 1 – 3. Alustavan tarkastelun pohjalta näissä tilanteissa yhdistäväksi tekijäksi havaittiin keittotuotannon vauhdin muutokset. Tutkittiin myös, löytyisikö automaatiojärjestelmästä mitään yhdistävää tekijää vauhdin muutoksen lisäksi. Automaatiojärjestelmässä oli kuitenkin puutteita monista virtausmääristä ja lämpötiloista, joten päädyttiin tutkimaan lähinnä vauhdinmuutosten kannalta. Vertailukohteiksi otettiin muutama tilanne, jossa keittotuotanto oli tasaista. Päädyttiin vertailemaan keittovauhdin muutoksen vaikutusta tärpättidekanterin syöttöön, ja verrokkina käytettiin sellaisia arvoja, joissa keittotuotanto oli tasaista. Liitteessä 1 on

lisäkuvia Stora Enson automaatiojärjestelmästä. Nämä ovat samantyyliisiä kuin kuvissa 14, 15 ja 16.

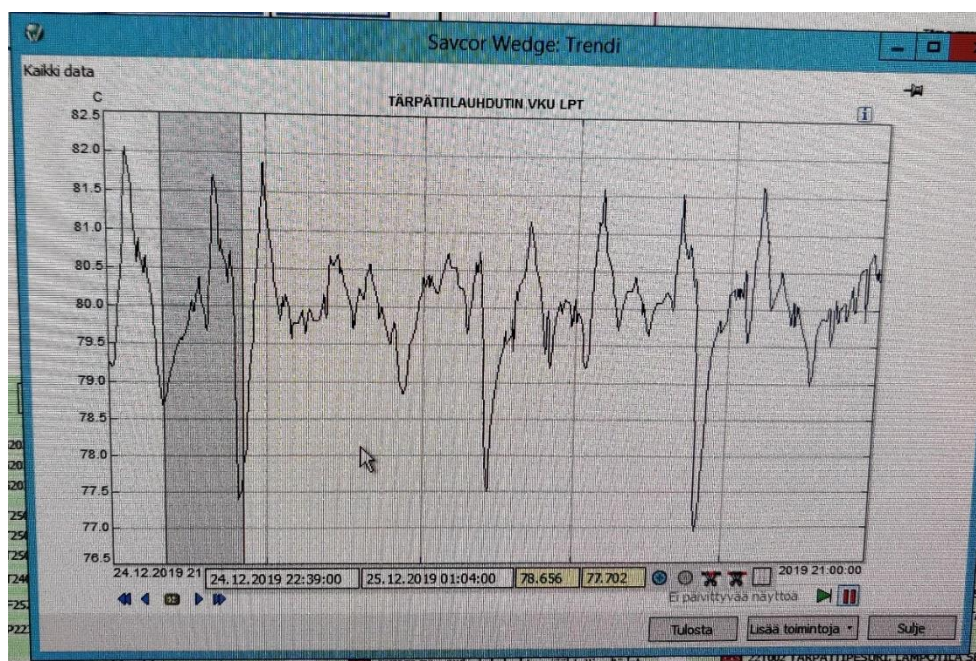


Kuva 14. Tärpättilauhduttimen kuuman veden lämpötilamittausta (°C) esittävä trendi 27.12.2019.



Kuva 15. Keittotuotannon (t/d) muutos automaatiojärjestelmän mukaan 25.12.2019.





Kuva 16. Tärpättilauhduttimen kuuman veden lämpötila (°C) automaatiojärjestelmässä 24.12.2019.

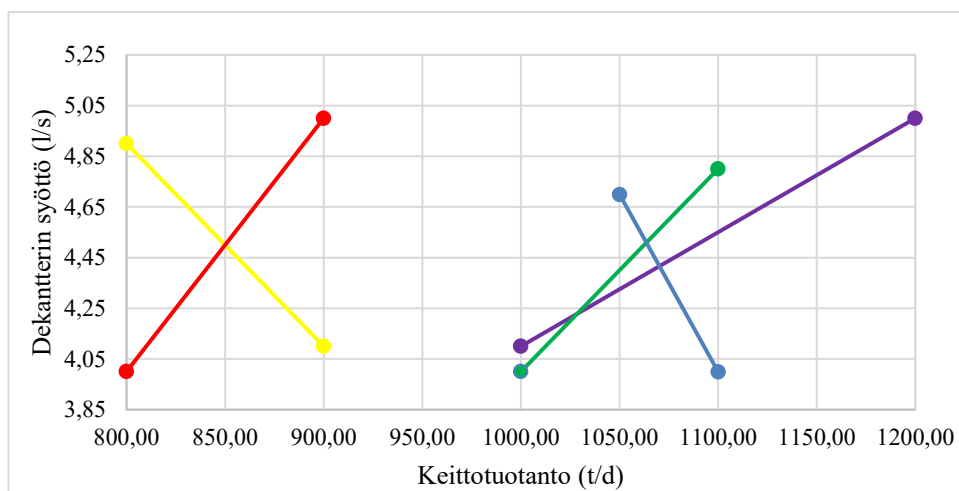
## 5.2 Tulokset

Datan keräilyn jälkeen aineistoa tutkittiin ja taulukoitiin, jotta tilanteita olisi helpompi ymmärtää ja tuloksia voisi tutkia. Taulukoihin on kerätty olennaisimmat asiat ja muuttujat, sekä näiden vaikutukset tuloksiin.

Taulukko 1. Tärpätin talteenoton havaittujen poikkeamatilanteiden olosuhteita ajanjaksolta 10.12.2019-28.12.2019.

Keitto- tuotanto (t/d)	Tärpätti- lauhduttimen kuuma vesi lämpötila (°C)	Tärpättilauhde lämpötila (°C)	Jälki- lauhduttimen hajukaasu lämpötila (°C)	Väri	Dekanterin syöttö (l/s)
1200 - 1000	80 - 84	NA	16 - 15	Violetti	5 - 4,1
1050 - 1150	85 - 80	NA	NA		NA
800 - 900	85 - 80	92 - 85	NA	Keltainen	4,1 - 4,9
900 - 800	81 - 78	86 - 76	NA	Punainen	5,0 - 4,0
		70 - 54 - 95 -			4,0 - 2,0 -
1200	NA	85	17 - 80 - 50 - 30		5,5
1100 - 800	NA	87 - 74	15,0 - 12		5,2 - 3,7
1000 - 1100	NA	84 - 90	NA	Vihreä	4,0 - 4,8
1050 - 1100	NA	89 - 82	19,5 - 17	Sininen	4,7 - 4,0

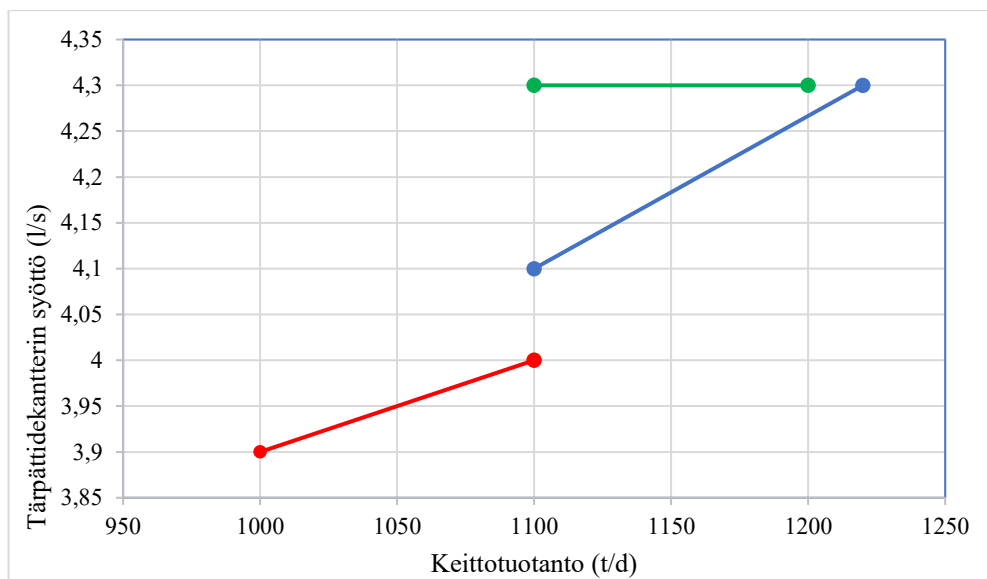
Tuloksia tutkiessa huomattiin keittotuotannon vauhdin olevan suurin vaikuttaja tärpätin tuotantoon. Seuraavassa kuvassa on taulukon 1 pohjalta tehty kuvaaja keittotuotannon ja tärpätin tuotannon yhteydestä, kun tuotantonopeus muuttuu.



Kuva 17. Keittotuotannon muutos verrattuna tärpättidekanterin syöttöön. Jokainen muutostilanne eri värillä. X-akselilla keittotuotannon muutos (t/d) ja Y-akselilla tärpättidekanterin syöttö (l/s). Arvot taulukosta 1.

Taulukko 2. Tärpätin talteenoton havaittujen poikkeamatilanteiden olosuhteita ajanjaksolta 18.2.2020-2.3.2020.

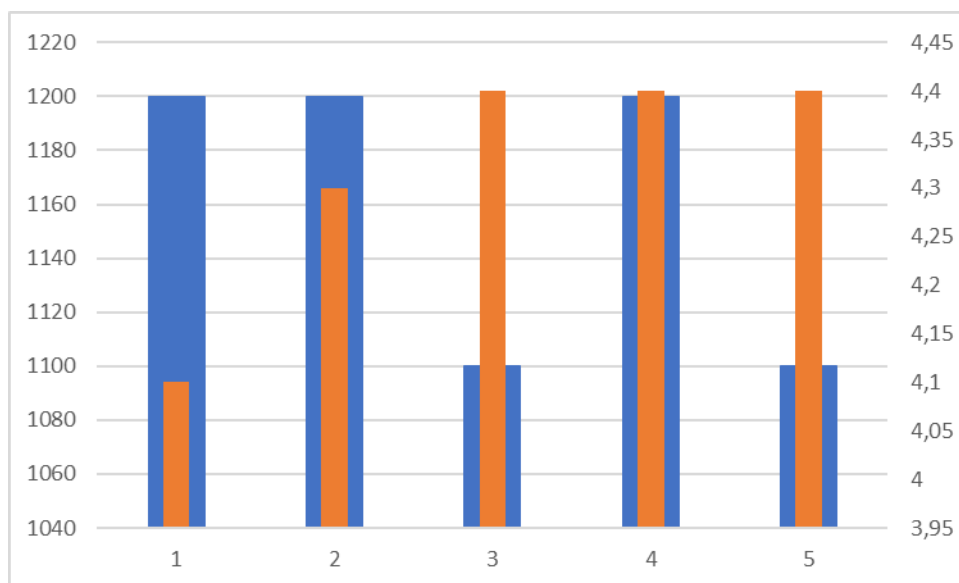
Keittotuotanto (t/d)	Tärpättidekanterin syöttö (l/s)	Päivämäärä	Väri
1200-1100	4,3-4,3	2.3.2020	Vihreä
1220-1100	4,3-4,1	21.2.2020	Sininen
1000-1100	3,9-4,0	18.2.2020	Punainen



Kuva 18. Keittotuotannon muutos verrattuna täpättidekanterin syöttöön. Jokainen muutostilanne eri värillä. X-akselilla keittotuotannon muutos (t/d) ja Y-akselilla täpättidekanterin syöttö (l/s). Arvot taulukosta 2.

Taulukko 3. Tärpätin talteenoton arvoja tasaisen keittotuotannon tilanteesta ajanjaksolta 19.2.2020-8.3.2020.

Keittotuotanto (t/d)	Täpättidekanterin syöttö (l/s)	Sarakenumero	Päivämäärä
1200	4,1	1	19.2.2020
1200	4,3	2	1.3.2020
1100	4,4	3	4.3.2020
1200	4,4	4	7.3.2020
1100	4,4	5	8.3.2020



Kuva 19. Taulukon 3 mukaan tehty pylväsdiagrammipari, jossa sininen pylväs kuvaa keittotuotantoa (t/d) ja oranssi pylväs täpättidekanterin syöttöä (l/s).

Kuten kuvasta 19 huomataan, on sarakkeissa 1 ja 4 sama keittotuotanto 1200 t/d, mutta täpättidekanterin syötössä on eroja. Sarakkeessa 4 määrä on 4,4 l/s ja sarakkeessa 1 syöttö on 4,1 l/s. Kuvasta 18 voidaan havaita keittotuotannon nopeuden muutoksen vaikuttavan yleensä täpättidekanterille tulevaan raakatärpätin määrään. Kuten myös kuvasta 19 huomataan, itse hakkeen täpättipitoisuudet voivat vaihdella päivien mukaan, mutta dekanterille tuleva virta lähtökohtaisesti muuttuu keittotuotannon muuttuessa.

### 5.3 Tulosten tarkastelu

Dekanterin kapasiteetti tärpätin erotukseen on laitetoimittajan mukaan noin 5,5 l/s, ja Stora Enson käyttöhenkilöstö on huomannut käytössä, että dekanterin erotuskyky laskee huomattavasti, kun syöttö ylittää 6,5 l/s. Tällöin ylikaatona tulevan tärpätin puhtaus on huono ja siihen on jäänyt ylimäärin erottumatonta vettä. Näitä rajoja ylitettiin vain silloin, kun keittotuotantoa muutettiin. Silloin lämmönvaihtimet eivät pysyneet perässä nopeasti muuttuvassa hakkeen pasutuksessa, eikä pasutuksesta tai keittimestä tulleita kaasuja pystytty lauhduttamaan tarpeeksi. Tämän takia virtauksen mukana oli myös vettä ja dekanterin syöttö kasvoi.

Dekantterin tilavuudeksi ilmoitettiin 12 m<sup>3</sup> ja syöttö on tasaisella keittotuotannolla noin 4,5 l/s. Nykyisellä keittokäytännöllä tuotanto pyritään pitämään noin 1200 tonnissa vuorokautta kohti ja tällöin dekantterin syöttö on noin 4,5 l/s. Verratessa tilanteeseen, jossa tuotanto on 1000 tonnia vuorokaudessa, on dekantterille tulevan lauhteen syöttö noin 4,0-4,2 l/s. Tätä voidaan peilata tilanteeseen, jossa Stora Enson uudistukset ovat valmiit ja keittotuotannoksi on suunniteltu 1600 tonnia vuorokautta kohti. Tässä tilanteessa olisi tärpättilauhteen syöttö dekantterille noin 5,1-5,5 l/s. Tämä olisi laitetoimittajan ilmoittamalla ylärajalla ja saattaa aiheuttaa ongelmia dekantterin toiminnassa dekantterin toimiessa kapasiteettinsa ylärajalla. Käytettäessä dekantteria oltiin huomattu toimivuuden ylärajan olevan kuitenkin noin 6,5 l/s, mikä tarkoittaisi sitä, että laitetoimittajan antamasta ylärajasta huolimatta dekantteri kykenisi erottamaan tärpätin vedestä tasaisella tuotannolla uudistusten jälkeen.

Uuden suuremman tilavuuden omaavan dekantterin hankkimisessa olisi monia hyviä puolia, koska silloin voitaisiin varmistaa tärpätille tarpeeksi pitkä viipymäaika dekantterissa ja sen avulla varmistaa hyvä erotustulos. Uusi dekantteri olisi myös varmatoimisempi keittotuotannon muutoksissa. Dekantterin tilavuuden ollessa suurempi, se pystyisi silti erottamaan tehokkaasti huonolaatuista tai suurempaa syöttöä ja suuremman tilavuutensa ansiosta sen reagointiaika virtausmuutoksiin olisi lyhyempi.

Tutkimuksessa huomattiin myös, että vaikka keittotuotannon vauhti olisi sama eri päivinä, voi dekantterin syötössä olla silti virtauseroja, kuten kuvissa 19 ja 20 näkyy. Virtauseroihin vaikuttaa moni asia, kuten puun varastointiaika. Päättelyä uudistuksen vaikutuksista vaikeuttaa myös se, että syötettävän hakkeen määrä ei nouse samassa suhteessa keittovauhdin kanssa nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Syynä tälle on se, että sellun saanto per aikayksikkö syötettävästä hakkeesta paranee, kun sitä ei tarvitse keittää yhtä kauan. Toinen tilannetta vaikeuttava asia on se, että uudistuksen jälkeen haketta säilötään hakesiiloissa ennen kuin se menee keittämölle. Nykytilanteessa on vain hakekasat, jossa terpeenin ja muiden kaasujen haihtuminen on merkittävämpää. Stora Ensolta saadussa suullisessa tiedonannossa on selvennetty, että uusissa hakesiiloissa hakkeen viipymän on arvioitu olevan vain kolme päivää, mikä todennäköisesti tasoittaa ja kasvattaa tärpätin tuotantoa. Kalevan uutisen mukaan puun tarve kasvaa 1,9 miljoonasta kuutiometristä noin 2,4 kuutiometriin, joka on noin 20% kasvu, mikä tarkoittaisi tärpätintuotannossa 4,5 litrasta noin 5,5 litraan (Kaleva 2019).

## 6 YHTEENVETO

Tärpättiä saadaan yleisesti sellunkeiton sivutuotteena ja se on näin ollen uusiutuva kemikaali. Tämä tärpätti eroaa maakaasusta saatavasta mineraalitärpätistä. Sellua keitetessä on yleisesti kaksi tapaa; kraft-menetelmä eli sulfaattikeitto, ja sulfiittikeitto. Näiden suurimpana erona toisiinsa on keittokemikaalin ero happaman ja emäksisen kanssa. Sulfaattikeitto, joka on paljon yleisempi tapa, käyttää emäksistä keittokemikaalia.

Tärpätin talteenotto alkaa pasutuksessa, jossa hakkeesta poistetaan terpeenikaasut ja muut haihtuvat aineet, jotta hakkeen keittäminen onnistuisi paremmin. Pasutuksen jälkeen terpeenikaasuja aletaan lauhduttamaan. Lauhdutuksessa tärpätti lauhtuu nesteeksi aiemmin kuin vesi, jonka jälkeen tärpätti on jo erottunut vedestä osittain. Lauhtumattomat kaasut jatkavat toiseen lauhduttimeen, josta pyritään saamaan loputkin tärpätistä talteen. Lauhtunut tärpätti-vesi emulsio erotetaan lopullisesti toisistaan tärpättidekanterissa. Tämä erotus muistuttaa neste-nesteuuttoa.

Tutkimuksessa selvitettiin tärpättidekanterin kapasiteettia ja riittävyyttä, kun Stora Enso siirtyy paperin tuotannosta kartongin valmistukseen. Tutkimuksessa on tutkittu tämänhetkisten keittotuotannon muutoksia ja tasaista tuotantoa ja niiden vaikutuksia tärpättidekanterille tulevaan lauhteen määrään.

Tutkimuksessa huomattiin, että nykyinen dekanteri saattaisi riittää uudistuksen jälkeen, mutta olisi paljon varmempaa hankkia uusi isompi dekanteri, jolloin viipymä saataisiin hieman suuremmaksi ja dekanteri reagoisi nopeammin muuttuvaan keittotuotantoon. Uudistuksen vaikutuksia ei kuitenkaan voi suoraviivaisesti arvioida aiemman käyttäytymisen pohjalta, koska prosessin muutkin vaiheet ja raaka-aineen ominaisuudet muuttuvat myös uudistuksen seurauksena.



## LÄHDELUETTELO

Ahlström, 1987. Tekninen piirustus [rakennekuva]. [viitattu 8.6.2020]

Britannica, 1998. Turpentine [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.britannica.com/topic/turpentine> [viitattu 12.4.2020]

Green, D.W, Perry, R.H., 2008, Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eighth Edition, New York: McGraw-Hill, 2704, ISBN: 978-0071422949

Häkkinen, A., Improving The Yield And Quality Of Turpentine In Superbatch Cooking, 2018

Ikäheimonen, J., Juuso, E., Leiviskä, K., Murtovaara, S., 2000, Sulfaattisellun Vuokeitto Menetelmät, Keiton Ohjaus Ja Massan Pesu , Raportti B No. 21, Joulukuu 2000

Kaleva, 2020. Julkaistu 28.5.2019. Stora Enso irtisanoo Oulusta 365 henkilöä – yhtiö teki päätöksen 350 miljoonan euron investoinnista Oulun tehtaaseen [verkkouutinen]. Saatavissa: <https://www.kaleva.fi/stora-enso-irtisanoo-oulusta-365-henkiloa-yhtio-te/1710139> [viitattu 12.4.2020]

Knowpulp 2020a. Muokattu 6.4.2020. Sulfiittikeitto ja muut keittomenetelmät [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/cooking/1\\_process/7\\_other\\_methods/frame.htm?zoom\\_highlightsub=sul](http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/cooking/1_process/7_other_methods/frame.htm?zoom_highlightsub=sul) [viitattu 24.3.2020]

Knowpulp, 2020b. Muokattu 6.4.2020. Tärpätti [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/byproducts/1\\_turpentine/frame.htm?zoom\\_highlightsub=t%E4rp%E4tti](http://www.knowpulp.com/www/suomi/pulping/byproducts/1_turpentine/frame.htm?zoom_highlightsub=t%E4rp%E4tti) [viitattu 20.1.2020]

Morgan,P., 1988, "Turpentine Recovery at Champion International Courtland Mill", Pulp Chemicals Association - Minutes, Chemical Recovery Committee Meeting, Lake Buena Vista, Florida, January 19,1988

Percy, A.E., Melton, L.D. and Jameson, P.E., 1997. Xyloglucan and hemicelluloses in the cell wall during apple fruit development and ripening. *Plant Science*, 125(1), S. 31-39.

Pratima Bajpai, 2018, Biermann's Handbook of Pulp and Paper: Volume 1: Raw Material and Pulp Making, Third Edition. Amsterdam: Elsevier, 576, ISBN: 9780128142387

Stora Enso, 2020. Julkaisuvuosi tuotematon. Pure by Stora Enso – liukosellu tekstiiliteollisuudelle ja muille aloille [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.storaenso.com/fi-fi/products/market-pulp/dissolving-pulp-for-textiles-and-other-applications> [viitattu 12.4.2020]

Suopajärvi, T., 2015, Chemical wood pulping, Fibre and Particle Engineering Laboratory, Opinnäytetyö

Thornburg, W.L., 1963, Effects of Roundwood or Chip Storage on Tall Oil and Turpentine Fraction of Slash Pine, TAPPI 46 August 1963

Valmet, 2020a. Julkaisuvuosi tuntematon. Paper machine grade conversion [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/rebuilds/grade-conversion/> [viitattu 30.3.2020]

Valmet, 2020b. Muokattu 19.5.2019. Pulping process [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.valmet.com/investors/valmet-as-an-investment/business-lines/pulp-and-energy/pulping-process/> [viitattu 2.4.2020]

Liite 1. Esimerkkejä automaatiojärjestelmän eri muuttujien lokitiedoista.

